



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenl gungsschrift**  
⑩ **DE 197 56 103 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 02 M 51/06**

②① Aktenzeichen: 197 56 103.9  
②② Anmeldetag: 17. 12. 97  
④③ Offenlegungstag: 24. 6. 99

**DE 197 56 103 A 1**

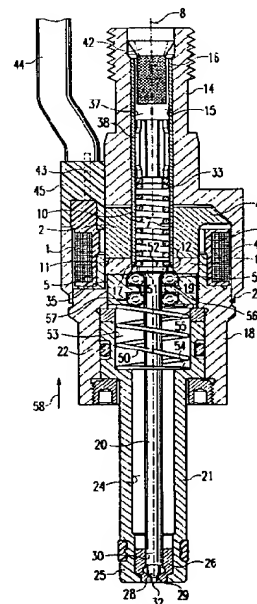
⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Herold, Stefan, 96103 Hallstadt, DE; Fischer, Georg,  
96158 Frensdorf, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ **Brennstoffeinspritzventil**

⑤⑦ Ein Brennstoffeinspritzventil für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, weist eine Magnetspule (1), einen durch die Magnetspule (1) in eine Hubrichtung (58) gegen eine erste Rückstellfeder (33) beaufschlagbaren Anker (19) und eine mit einem Ventilschließkörper (28) verbundene Ventilnadel (20) auf. Der Anker (19) greift in Hubrichtung (58) an der Ventilnadel (20) formschlüssig an. In der Gegenrichtung ist der Anker (19) unabhängig von der Ventilnadel (20) gegen eine zweite Rückstellfeder (50) frei beweglich. Erfindungsgemäß ist der Anker (19) an der Ventilnadel (20) mittels eines mehrere Kugeln (59, 70) aufweisenden Gleitlagers (56, 57) gelagert.



**DE 197 56 103 A 1**

Die Erfindung geht aus von einem Brennstoffeinspritzventil nach der Gattung des Hauptanspruchs. Aus der DE-OS 33 14 899 ist bereits ein elektromagnetisch betätigbares Brennstoffeinspritzventil bekannt, bei welchem zur elektromagnetischen Betätigung ein Anker mit einer elektrisch erregbaren Magnetspule zusammenwirkt und der Hub des Ankers über eine Ventildadel auf einen Ventilschließkörper übertragen wird. Der Ventilschließkörper wirkt mit einer Ventilsitzfläche zur Ausbildung eines Dichtsitzes zusammen. Die Ventildadel wird durch eine erste Rückstellfeder in Abspritzrichtung beaufschlagt, so daß der Ventilschließkörper bei nicht erregter Magnetspule auf der Ventilsitzfläche in dichtender Anlage gehalten wird. Der Anker ist mit der Ventildadel nicht fest verbunden, sondern wird durch eine zweite entgegen der Abspritzrichtung und in Hubrichtung des Ankers wirkende Rückstellfeder an einem Mitnehmerstück der Ventildadel in Anlage gehalten. Bei der Hubbewegung des Ankers wird die Ventildadel daher über das Mitnehmerstück von dem Anker mitgenommen, so daß der Ventilschließkörper von der Ventilsitzfläche zum Öffnen des Brennstoffeinspritzventils abhebt. Nachdem der Anker an der vorgesehenen Anschlagsfläche nach Beendigung der Hubbewegung anschlägt, kann sich die Ventildadel noch geringfügig gegen die erste Rückstellfeder weiterbewegen, indem das Mitnehmerstück von dem Anker abhebt. Dabei wird die Bewegungsrichtung der Ventildadel durch die erste Rückstellfeder umgekehrt. Der Anker prallt von der Anschlagsfläche geringfügig zurück, wobei seine Bewegungsrichtung durch die zweite Rückstellfeder umgekehrt wird. Die Ventildadel und der Anker treffen dann mit gegengleich gerichteten Bewegungsrichtungen aufeinander, und die kinetische Energie des Zwei-Massen- und Zwei-Federn-Systems wird dissipiert. Ein Prellen der Ventildadel und des Ankers wird durch die kinematische Trennung des Ankers und der Ventildadel daher gegenüber einem üblichen Brennstoffeinspritzventil mit fest verbundenem Anker und Ventildadel deutlich reduziert. Dadurch kann die Zumeßgenauigkeit des Brennstoffeinspritzventils verbessert werden.

Beim Schließen des aus der DE-OS 33 14 899 bekannten Brennstoffeinspritzventils hebt der Anker von dem Mitnehmerstück der Ventildadel ebenfalls ab, wenn die Ventildadel durch Anschlagen des Ventilschließkörpers an der Ventilsitzfläche schlagartig abgebremst wird. Der Anker bewegt sich dann gegen die zweite Rückstellfeder, die den Anker entgegen der Schließrichtung zurückführt, bis der Anker an dem Mitnehmerstück der Ventildadel wieder bündig anliegt. Auch in Schließrichtung wird daher ein Prellen des Brennstoffeinspritzventils deutlich vermindert.

Bei dem aus der DE-OS 33 14 899 bekannten Brennstoffeinspritzventil besteht jedoch der Nachteil, daß der Anker an der Ventildadel bzw. an dem Mitnehmerstück der Ventildadel in nicht befriedigender Weise geführt ist. Die Führung ist dadurch realisiert, daß das Mitnehmerstück der Ventildadel in eine entsprechende Bohrung des Ankers eingesetzt ist. Aufgrund der Ungenauigkeit der Führung ist die vorbebeschriebene Entprellung des Brennstoffeinspritzventils daher nur beschränkt wirksam. Auch die Strömungsverbindung für den Brennstoff im Bereich des topfförmig ausgebildeten Ankers ist in nicht befriedigender Weise gelöst. Im peripheren Bereich des Bodens des topfförmig ausgebildeten Ankers sind Durchgangsöffnungen für den Brennstoff vorgesehen. Die Durchgangsöffnungen sind so angeordnet, daß sich ein relativ hoher Strömungswiderstand für den Brennstoff mit der Gefahr einer unerwünschten Turbulenzbildung er-

Das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat den Vorteil, daß die Reibung zwischen dem Anker und der Ventildadel deutlich reduziert ist. Gleichzeitig wird eine exakte Führung der Ventildadel an dem Anker bzw. umgekehrt des Ankers an der Ventildadel erzielt. Durch das zumindest eine erfindungsgemäße Gleitlager zwischen dem Anker und der Ventildadel wird die Kinematik des Zwei-Massen- und Zwei-Federn-Systems erheblich verbessert, wodurch ein Brennstoffeinspritzventil mit besonders geringer Prellung entsteht. Gleichzeitig wird eine besonders kostengünstige Lösung erzielt, da die Kugeln des zumindest einen Gleitlagers als Massenprodukt besonders günstig herstellbar sind. Die Kugeln sind aus hartem Lagerstahl herstellbar, die in das weiche, ferromagnetische Metall des Ankers in fertigungstechnisch einfacher Weise einpressbar sind. Durch die genaue Fertigbarkeit des Kugeldurchmessers der Kugeln wird eine präzise Führung der Ventildadel an oder in dem Anker erzielt.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Brennstoffeinspritzventils möglich.

Entsprechend einer bevorzugten Ausführung weist der Anker eine Stufenbohrung auf, in welche die Kugeln der beiden vorgesehenen Gleitlager jeweils endseitig einsetzbar sind. Ein zwischen zwei die Kugeln der Gleitlager aufnehmenden Erweiterungen der Stufenbohrung des Ankers vorgesehener Durchgang ermöglicht die zentrale Durchströmung des Brennstoffs durch den Anker, so daß die Strömungsdurchführung für den Brennstoff in besonders einfacher Weise gelöst ist, ohne daß in oder an dem Anker zusätzliche Bohrungen, Nuten oder Abflachungen vorzusehen sind. Gleichzeitig ergibt sich eine besonders effektive Schmierung der Kugeln der Gleitlager durch den Brennstoff.

Die die Kugeln der Gleitlager aufnehmenden Erweiterungen der Stufenbohrung des Ankers können nach Einsetzen der Kugeln durch eine vorzugsweise ringförmig ausgebildete Versteimmung so verschlossen werden, daß die Kugeln aus den Erweiterungen nicht entweichen können. Die Versteimmung läßt sich fertigungstechnisch besonders einfach und kostengünstig realisieren, da der Anker vorzugsweise aus einem ferromagnetischen Weicheisen gefertigt wird und daher relativ einfach zu bearbeiten ist.

Wenn der Durchmesser der Kugeln der Gleitlager mit dem Durchmesser der zumindest in diesem Bereich zylinderrförmig ausgebildeten Ventildadel im wesentlichen übereinstimmt, ergibt sich der Vorteil, daß die Kugeln die Ventildadel dicht aneinander anschließend umschließen, so daß sich die Kugeln berühren. Der Innendurchmesser der Gleitlager ist dann durch den Durchmesser der Kugeln exakt festgelegt, wobei Ungenauigkeiten bei der Fertigung der Bohrung durch den Anker ausgeglichen werden.

Wenn die Ventildadel für den Anschlag der Kugeln des Gleitlagers eine Verdickung mit einem sich stetig verjüngenden Übergangsabschnitt aufweist, dessen Krümmungsradius mit dem Radius der Kugeln im wesentlichen übereinstimmt, hat dies den Vorteil, daß die Kugeln an der Verdickung relativ weich anschlagen.

#### Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeich-

nung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils in einer geschnittenen Darstellung;

**Fig. 2** einen vergrößerten Ausschnitt des Ankers, der Ventilnadel und der Rückstellfedern entsprechend dem in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsbeispiel in einer teilweise geschnittenen Darstellung;

**Fig. 3** einen Schnitt entlang der Linien III-III in **Fig. 2**; und

**Fig. 4** ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils in einer geschnittenen Darstellung.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Das in der **Fig. 1** beispielsweise dargestellte elektromagnetisch betätigbare Ventil in der Form eines Einspritzventils für Brennstoffeinspritzanlagen von gemischverdichtenden, fremdgezündeten Brennkraftmaschinen hat einen von einer Magnetspule **1** zumindest teilweise umgebenen, als Innenpol eines Magnetkreises dienenden, rohrförmigen, weitgehend hohlzylindrischen Kern **2**. Das Brennstoffeinspritzventil eignet sich besonders zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine. Ein beispielsweise gestufter Spulenkörper **3** nimmt eine Bewicklung der Magnetspule **1** auf und ermöglicht in Verbindung mit dem Kern **2** und einem ringförmigen, nichtmagnetischen, von der Magnetspule **1** teilweise umgebenen Zwischenstück **4** mit einem L-förmigen Querschnitt einen besonders kompakten und kurzen Aufbau des Einspritzventils im Bereich der Magnetspule **1**. Das Zwischenstück **4** ragt dabei mit einem Schenkel in axialer Richtung in eine Stufe **5** des Spulenkörpers **3** und mit dem anderen Schenkel radial entlang einer in der Zeichnung unten liegenden Stirnfläche des Spulenkörpers **3**.

In dem Kern **2** ist eine durchgängige Längsöffnung **7** vorgesehen, die sich entlang einer Ventillängsachse **8** erstreckt. Konzentrisch zur Ventillängsachse **8** verläuft ebenso eine dünnwandige, rohrförmige Hülse **10**, die die innere Längsöffnung **7** des Kerns **2** durchragt und in stromabwärtiger Richtung mindestens bis zu einer unteren Stirnfläche **11** des Kerns **2** eingebracht ist. Die Hülse **10** liegt unmittelbar an der Wandung der Längsöffnung **7** an oder hat gegenüber dieser ein Spiel und besitzt eine Abdichtfunktion zum Kern **2** hin. Mit der nichtmagnetischen, z. B. aus rostbeständigem austenitischem CrNi-Stahl, kurz V2A-Stahl bestehenden Hülse **10** ist ein ringscheibenförmiges ferritisches Polteil **13** fest und dicht verbunden, das an der unteren Stirnfläche **11** des Kerns **2** anliegt und den Kern **2** in stromabwärtiger Richtung begrenzt. Die Hülse **10** und das Polteil **13**, das z. B. als Preßteil ausgebildet und mittels Schweißen oder Lötens mit der Hülse **10** verbunden ist, bilden in Richtung der Ventillängsachse **8** bzw. in stromabwärtiger Richtung eine Kapselung des Kerns **2**, die einen Kontakt von Brennstoff am Kern **2** wirksam verhindert. Dabei ragt die Hülse **10** beispielsweise mit ihrem stromabwärtigen Ende bis zu einem Absatz **17** einer inneren Durchlaßöffnung **12** des Polteils **13** und ist beispielsweise mit diesem Absatz **17** verbunden. Zusammen mit dem ebenfalls fest und dicht z. B. durch Schweißen oder Hartlöten beispielsweise mit dem in axialer Richtung verlaufenden Schenkel des Polteils **13** verbundenen Zwischenstück **4** sorgt diese Kapselung auch dafür, daß die Magnetspule **1** in mit Brennstoff durchströmten Zustand vollständig trocken bleibt und nicht mit Brennstoff benetzt wird.

Die Hülse **10** dient auch als Brennstoffzufuhrkanal, wobei

sie zusammen mit einem oberen metallenen (z. B. ferritischen), die Hülse **10** weitgehend umgebenden Gehäuseteil **14** einen Brennstoffeinlaßstutzen bildet. In dem Gehäuseteil **14** ist eine Durchgangsöffnung **15** vorgesehen, die beispielsweise den gleichen Durchmesser aufweist wie die Längsöffnung **7** des Kerns **2**. Die das Gehäuseteil **14**, den Kern **2** und das Polteil **13** in den jeweiligen Öffnungen **7**, **12** und **15** durchragende Hülse **10** ist neben der festen Verbindung mit dem Polteil **13** auch dicht und fest mit dem Gehäuseteil **14** z. B. durch Schweißen oder Bördeln am oberen Ende **16** der Hülse **10** verbunden. Das Gehäuseteil **14** bildet das zulaufseitige Ende des Brennstoffeinspritzventils und umhüllt die Hülse **10**, den Kern **2** und die Magnetspule **1** zumindest teilweise in axialer und radialer Richtung und erstreckt sich beispielsweise in axialer Richtung stromabwärts gesehen noch über die Magnetspule **1** hinaus. An das obere Gehäuseteil **14** schließt sich ein unteres Gehäuseteil **18** an, das z. B. ein axial bewegliches Ventilteil bestehend aus einem Anker **19** und einer Ventilnadel **20** bzw. einen Ventilsitzträger **21** umschließt bzw. aufnimmt. Die beiden Gehäuseteile **14** und **18** sind im Bereich des unteren Endes **23** des oberen Gehäuseteils **14** z. B. mit einer umlaufenden Schweißnaht fest miteinander verbunden.

In dem in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsbeispiel sind das untere Gehäuseteil **18** und der weitgehend rohrförmige Ventilsitzträger **21** durch Verschrauben fest miteinander verbunden; Schweißen, Bördeln oder Lötens stellen aber ebenso mögliche Fügeverfahren dar. Die Abdichtung zwischen dem Gehäuseteil **18** und dem Ventilsitzträger **21** erfolgt z. B. mittels eines Dichtrings **22**. Der Ventilsitzträger **21** besitzt über seine gesamte axiale Ausdehnung eine innere Durchgangsöffnung **24**, die konzentrisch zu der Ventillängsachse **8** verläuft. Mit seinem unteren Ende **25**, das auch zugleich den stromabwärtigen Abschluß des gesamten Brennstoffeinspritzventils darstellt, umgibt der Ventilsitzträger **21** einen in der Durchgangsöffnung **24** eingepaßten Ventilsitzkörper **26**. In der Durchgangsöffnung **24** ist die z. B. stangenförmige, einen kreisförmigen Querschnitt aufweisende Ventilnadel **20** angeordnet, die an ihrem stromabwärtigen Ende einen Ventilschließkörper **28** aufweist. Dieser sich konisch verjüngende Ventilschließkörper **28** wirkt in bekannter Weise mit einer im Ventilsitzkörper **26** vorgesehenen, sich in Strömungsrichtung z. B. kegelstumpfförmig verjüngenden Ventilsitzfläche **29** zusammen, die in axialer Richtung stromabwärts einer im Ventilsitzkörper **26** befindlichen Führungsöffnung **30** ausgebildet ist. Stromabwärts der Ventilsitzfläche **29** ist bzw. sind im Ventilsitzkörper **26** wenigstens eine, z. B. aber auch zwei oder vier Austrittsöffnungen **32** für den Brennstoff eingebracht. In der Führungsöffnung **30** bzw. in der Ventilnadel **20** sind nicht dargestellte Strömungsbereiche (Vertiefungen, Nuten oder ähnliches) vorgesehen, die einen ungehinderten Brennstofffluß von der Durchgangsöffnung **24** bis zu der Ventilsitzfläche **29** gewährleisten.

Die in **Fig. 1** gezeigte Anordnung des unteren Gehäuseteils **18**, des Ventilsitzträgers **21** und des beweglichen Ventilteils (Anker **19**, Ventilnadel **20**) stellt nur eine mögliche Ausbildungsvariante der dem Magnetkreis stromabwärts folgenden Ventilbaugruppe dar. Es wird betont, daß die unterschiedlichsten Ventilbaugruppen zusammen mit der erfindungsgemäßen Ausbildung kombiniert werden könne. Neben Ventilbaugruppen eines nach innen öffnenden Einspritzventils können auch Ventilbaugruppen eines nach außen öffnenden Einspritzventils verwendet werden. Auch kugelförmige Ventilschließkörper **28** bzw. Spritzlochscheiben sind in solchen Ventilbaugruppen denkbar. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Ventilschließkörper **28** mit der Ventilnadel **20** einteilig ausgebildet. Der Ventilschließkörper **28**

kann jedoch auch als separates Bauteil ausgebildet und mit der Ventilnadel 20 z. B. durch Schweißen, Löten oder dergleichen verbunden sein.

Die Betätigung des Einspritzventils erfolgt in bekannter Weise elektromagnetisch. Zur axialen Bewegung der Ventilnadel 20 und damit zum Öffnen entgegen der Federkraft einer im Inneren der Hülse 10 angeordneten ersten Rückstellfeder 33 bzw. Schließen des Einspritzventils dient der elektromagnetische Kreis mit der Magnetspule 1, dem Kern 2, dem Polteil 13 und dem Anker 19. Der Anker 19 steht mit dem dem Ventilschließkörper 28 abgewandten Ende der Ventilnadel 20 nur in Hubrichtung, d. h. in Richtung auf den Kern 2, formschlüssig in Verbindung und ist in der Gegenrichtung, d. h. in Richtung auf den Ventilschließkörper 28, gegen eine zweite Rückstellfeder 50 frei beweglich. Die zweite Rückstellfeder 50 hält den Anker 19 in der Ruhestellung des Brennstoffeinspritzventils in Anlage an einer Verdickung 51 der Ventilnadel 20. Die Verdickung 51 ist an dem dem Ventilschließkörper 28 gegenüberliegenden Ende der Ventilnadel 20 ausgebildet. An einer Stirnfläche 52 der Verdickung 51 greift die erste Rückstellfeder 33 an. Zur Führung der Ventilnadel 20 während ihrer Axialbewegung entlang der Ventillängsachse 8 dient die Führungsöffnung 30 des Ventilsitzkörpers 26. Der Anker 19 wird während seiner Axialbewegung in dem genau gefertigten, nichtmagnetischen Zwischenstück 4 geführt. Wie auf der linken Seite der Fig. 1 gezeigt, kann alternativ zur beschriebenen separaten Ausführung von Polteil 13 und unterem Gehäuseeteil 18 auch eine einteilige Version vorgesehen werden, bei der sich vom Polteil 13 ausgehend ein umlaufender, schmaler Steg 35 in axialer Richtung als Übergang zum Gehäuseeteil 18 erstreckt und alle Abschnitte zusammen (Polteil 13, hülsenförmiger Steg 35, unteres Gehäuseeteil 18) ein einteiliges, ferritisches Bauteil bilden. Entsprechend dient dann die innere Begrenzungsfläche des Stegs 35 als Führung des Ankers 19.

In eine konzentrisch zu der Ventillängsachse 8 verlaufende innere Strömungsbohrung 37 der Hülse 10, die der Zufuhr des Brennstoffs in Richtung der Ventilsitzfläche 29 dient, ist eine Einstellhülse 38 eingeschoben, eingepreßt oder eingeschraubt. Die Einstellhülse 38 dient zur Einstellung der Federvorspannung der an der Einstellhülse 38 anliegenden ersten Rückstellfeder 33, die sich wiederum mit ihrer gegenüberliegenden Seite an der stromaufwärtigen Stirnfläche 52 der Verdickung 51 der Ventilnadel 20 abstützt. In die Strömungsbohrung 37 der Hülse 10 ragt zu laufseitig ein Brennstofffilter 42 hinein, der für die Herausfiltrierung solcher Brennstoffbestandteile sorgt, die aufgrund ihrer Größe im Einspritzventil Verstopfungen oder Beschädigungen verursachen könnten. Der Brennstofffilter 42 ist z. B. durch Einpressen im Gehäuseeteil 14 fixiert.

Der Hub der Ventilnadel 20 wird durch den Ventilsitzkörper 26 und das Polteil 13 vorgegeben. Eine statische Endstellung der Ventilnadel 20 ist bei nicht erregter Magnetspule 1 durch die Anlage des Ventilschließkörpers 28 an der Ventilsitzfläche 29 des Ventilsitzkörpers 26 festgelegt, während sich die andere statische Endstellung der Ventilnadel 20 bei erregter Magnetspule 1 durch die Anlage des Ankers 19 an dem Polteil 13 ergibt. Die Oberflächen der Bauteile in diesen Anschlagbereichen sind beispielsweise verchromt.

Die elektrische Kontaktierung der Magnetspule 1 und damit deren Erregung erfolgt über Kontaktelemente 43, die auch außerhalb des eigentlichen Spulenkörpers 3 aus Kunststoff noch mit einer Kunststoffumspritzung 45 versehen sind. Die Kunststoffumspritzung kann sich auch über weitere Bauteile (z. B. Gehäuseteile 14 und 18) des Brennstoffeinspritzventils erstrecken. Aus der Kunststoffumspritzung 45 heraus verläuft ein elektrisches Anschlußkabel 44, über das die Bestromung der Magnetspule 1 erfolgt.

Eine besonders vorteilhafte Ausbildung des Kerns 2 zeigt die Fig. 1. Hierzu ist der Kern 2 zwar rohrförmig, allerdings nicht mit konstantem Außendurchmesser ausgeführt. Nur im Bereich der Kunststoffumspritzung 45 besitzt der Kern 2 über seine gesamte axiale Erstreckung einen konstanten Außendurchmesser. Außerhalb der Kunststoffumspritzung 45 ist der Kern 2 mit einem radial nach außen weisenden Kragen 46 ausgestaltet, der sich teilweise deckelartig über die Magnetspule 1 erstreckt. Die Kunststoffumspritzung 45 ragt somit durch eine Nut im Kragen 46. Der Kern 2 besteht vorzugsweise aus einem Wirbelströme vermindernenden Material, z. B. einem Pulververbundwerkstoff.

Die zweite Rückstellfeder 50 erstreckt sich in einem zylindrischen Stufenabschnitt 53 der als Stufenbohrung ausgebildeten Durchgangsöffnung 24 des Ventilsitzträgers 21 und stützt sich an ihrem stromabwärtigen Ende an einer Stufe 54 der als Stufenbohrung ausgebildeten Durchgangsöffnung 24 des Ventilsitzträgers 21 ab. An ihrem stromaufwärtigen Ende beaufschlagt die zweite Rückstellfeder 50 eine stromabwärtige Stirnfläche 55 des Ankers 19. Der Anker 19 ist mit der Ventilnadel 20 über ein stromaufwärtiges Gleitlager 56 und ein stromabwärtiges Gleitlager 57 verbunden.

Die Funktionsweise des in Fig. 1 dargestellten Brennstoffeinspritzventils ist folgendermaßen:

Bei Erregung der Magnetspule 1 wird der Anker 19 in Richtung auf den Kern 2 gezogen, bis der Anker 19 an dem Polteil 13 anschlägt. Die Ventilnadel 20 und der mit der Ventilnadel 20 verbundene, bzw. im dargestellten Ausführungsbeispiel mit der Ventilnadel 20 einteilig ausgebildete Ventilschließkörper 28 wird dabei ebenfalls in die durch den Pfeil 58 gekennzeichnete Hubrichtung beschleunigt. Die Kugeln 59 des stromaufwärtigen Gleitlagers 56 liegen dabei an der Verdickung 51 der Ventilnadel 20 formschlüssig an, so daß die Ventilnadel 20 und somit auch der Ventilschließkörper 28 von der Hubbewegung des Ankers 19 mitgenommen werden. Im Ruhezustand besteht zwischen dem Anker 19 und dem Polteil 13 ein den Ventilhub vorgebender, geringfügiger, aus Fig. 1 nicht erkennbarer Spalt. Sobald der Anker 19 durch das Magnetfeld so weit in der Hubrichtung 58 angehoben ist, daß dieser an dem Polteil 13 anschlägt, wird dieser abrupt abgebremst und prallt geringfügig von dem Polteil 13 entgegen der Hubrichtung 58 zurück. Die Ventilnadel 20 und der mit der Ventilnadel 20 verbundene Ventilschließkörper 28 hingegen, bewegen sich aufgrund ihrer trägen Masse zunächst weiterhin in der Hubrichtung 58 gegen die erste Rückstellfeder 33. Dies wird dadurch ermöglicht, daß der Anker 19 nur in der Hubrichtung 58 an der Ventilnadel 20 formschlüssig angreift. Die Verdickung 51 der Ventilnadel 20 kann daher von den im dargestellten Ausführungsbeispiel die Anschlagfläche bildenden Kugeln 59 des stromaufwärtigen Gleitlagers 56 abheben, wobei die Kugeln der beiden Gleitlager 56 und 57 auf der Mantelfläche der zylinderförmig ausgebildeten Ventilnadel 20 gleiten.

Durch die erste Rückstellfeder 33 wird die Bewegung der Ventilnadel 20 entgegen der Hubrichtung 58 umgekehrt, während die nach dem Zurückprallen des Ankers 19 zunächst gegen die Hubrichtung 58 verlaufende Bewegungsrichtung des Ankers 19 durch die zweite Rückstellfeder 50 umgekehrt wird. Die Ventilnadel 20 mit dem Ventilschließkörper 28 und der Anker 19 bewegen sich nach der Bewegungsumkehr folglich wieder aufeinander zu, wobei die träge Masse des Ankers 19, die träge Masse der Ventilnadel 20 und des Ventilschließkörpers 28 sowie die Federkonstanten der beiden Rückstellfedern 33 und 50 vorzugsweise so ausgelegt sind, daß bei dem erneuten Zusammentreffen des Ankers 19 und der Ventilnadel 20 die Stoßenergie nahezu vollständig dissipiert. Das Prellen des Brennstoffeinspritzventils ist durch die Trennung des Ankers 19 von der Ventil-

nadel 20 und die Ausbildung eines Zwei-Massen- und Zwei-Feder-Systems gegenüber einem konventionell ausgebildeten Brennstoffeinspritzventil daher deutlich vermindert. Durch die erfindungsgemäßen Gleitlager 56 und 57 wird ein von Reibungseinflüssen weitgehend ungestörter kinematischer Bewegungsablauf gewährleistet. Gleichzeitig wird eine exakte Führung der Ventilnadel 20 über die Gleitlager 56 und 57 an dem Anker 19 erzielt.

Nach Beendigung der Bestromung der Magnetspule 1 werden der Anker 19 und die Ventilnadel 20 durch die erste Rückstellfeder 33 in Schließrichtung beschleunigt bis der Ventilschließkörper 28 an der Ventilsitzfläche 29 des Ventilsitzkörpers 26 anschlägt. Das bei konventionellen Brennstoffeinspritzventilen auftretende Prellen wird bei der erfindungsgemäßen Ausführung dadurch vermindert, daß der Anker 19 in Schließrichtung gegen die zweite Rückstellfeder 50 durchschwingt. Die zweite Rückstellfeder 50 führt den Anker 19 dann in Hubrichtung 58 wieder soweit zurück, bis die Kugeln 59 des stromaufwärtigen Gleitlagers 56 an der Verdickung 51 der Ventilnadel 20 anschlagen. Das Brennstoffeinspritzventil ist somit für den nächsten Öffnungszyklus bereit. Da die Masse des Ankers 19 wesentlich größer ist als die Masse der Ventilnadel 20 und des Ventilschließkörpers 28, wird durch die kinematische Trennung der Bewegung des Ankers 19 und der Ventilnadel 20 eine wirkungsvolle Unterdrückung des Prellens des Brennstoffeinspritzventils erreicht. Die erfindungsgemäßen Gleitlager 56 und 57 reduzieren wirkungsvoll die Gleitreibung zwischen dem Anker 19 und der Ventilnadel 20, so daß der Anker 19 auf der Mantelfläche der Ventilnadel 20 frei und ungestört gleiten kann. Dabei bleibt die Führung der Ventilnadel 20 an dem Anker 19 aufgrund der hohen Paßgenauigkeit der Gleitlager 56 und 57 erhalten.

Die beschriebene Relativbewegung des Ankers 19 gegenüber der Ventilnadel 20 ist in Schließrichtung deutlich größer als in Öffnungsrichtung und kann in Öffnungsrichtung aufgrund der geringen trägen Masse der Ventilnadel 20 vernachlässigbar sein.

In Fig. 2 sind der Anker 19, der stromaufwärtige Abschnitt der Ventilnadel 20, die erste Rückstellfeder 33 sowie die zweite Rückstellfeder 50 zum besseren Verständnis der Erfindung vergrößert dargestellt. Bereits beschriebene Elemente sind mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen.

In Fig. 2 ist nicht der Ruhezustand dargestellt, bei welchem der Anker 19 an der Ventilnadel 20 formschlüssig angreift, indem die Kugeln 59 des stromaufwärtigen Gleitlagers 56 an der Verdickung 51 der Ventilnadel 20 durch die zweite Rückstellfeder 50 angedrückt werden, sondern es ist ein Betriebszustand gezeigt, bei welchem der Anker 19 gegenüber der Ventilnadel 20 verschoben ist. Dabei gleiten die Kugeln 59 des stromaufwärtigen Gleitlagers 56 und die Kugeln 70 des stromabwärtigen Gleitlagers 57 auf der Mantelfläche 71 der zumindest im Bereich des Ankers 19 zylindrisch ausgebildeten Ventilnadel 20.

Zur Aufnahme der Kugeln 59 des stromaufwärtigen Gleitlagers 56 und der Kugeln 70 des stromabwärtigen Gleitlagers 57 weist der Anker 19 im dargestellten Ausführungsbeispiel eine Stufenbohrung 74 auf. Im Ausführungsbeispiel verbindet die Stufenbohrung 74 die stromaufwärtige Stirnfläche 72 des Ankers 19 mit der stromabwärtigen Stirnfläche 55 des Ankers 19. An der stromaufwärtigen Stirnfläche 72 erweitert sich die Stufenbohrung 74 zu einer stromaufwärtigen Erweiterung 73, in welche die Kugeln 59 des stromaufwärtigen Gleitlagers 56 eingepreßt sind. Entsprechend erweitert sich die Stufenbohrung 74 an der stromabwärtigen Stirnfläche 55 zu einer stromabwärtigen Erweiterung 75, in welche die Kugeln 70 des stromabwärtigen

Gleitlagers 57 eingepreßt sind. Der Durchmesser der ringförmigen Erweiterungen 73 und 75 beträgt die Summe aus zwei Kugeldurchmessern  $d_k$  der Kugeln 59 bzw. 70 und des Durchmessers  $d_v$  der im Bereich des Ankers 19 zylindrisch ausgebildeten Ventilnadel 20. Die Ventilnadel 20 wird daher durch die Kugeln 59 und 70 der beiden Gleitlager 56 und 57 an dem Anker 19 praktisch spielfrei geführt. Da sich die Kugeln 59 und 70 der Gleitlager 56 und 57 mit hoher Genauigkeit herstellen lassen, ergibt sich eine äußerst exakte Lagerführung der Ventilnadel 20.

Die stromaufwärtige, an der stromaufwärtigen Stirnfläche 72 mündende Erweiterung 73 und die stromabwärtige, an der stromabwärtigen Stirnfläche 55 mündende Erweiterung 75 sind im Ausführungsbeispiel mittels eines Durchgangs 76 verbunden, der Teil der Stufenbohrung 74 ist. Der Durchmesser des Durchgangs 76 ist dabei größer bemessen als der Durchmesser  $d_v$  der Ventilnadel 20, so daß der Durchgang 76 von der Ventilnadel 20 nicht vollständig ausgefüllt wird. Dadurch wird ein axialer Durchfluß des Brennstoffs durch die Stufenbohrung 74 des Ankers 19 ermöglicht. Der Brennstoff strömt dabei im Bereich der stromaufwärtigen Erweiterung 73 an den umfänglich verteilten Kugeln 59 vorbei, durch den Durchgang 76 hindurch in die stromabwärtige Erweiterung 75 und dort an den ebenfalls umfänglich verteilten Kugeln 70 vorbei. Für die Brennstoffströmung im Bereich des Ankers 19 sind daher keine zusätzlichen Maßnahmen, wie zusätzliche Axialbohrungen, umfängliche Nuten oder Abflachungen vorzusehen, wodurch die Fertigungskosten weiter gesenkt werden können.

Nach dem Einpressen der Kugeln 59 des stromaufwärtigen Gleitlagers 56 wird der Rand an der stromaufwärtigen Stirnfläche 72 nahe der Erweiterung 73 durch eine durch das Bezugszeichen 77 angedeutete Verstemmung verstemmt, so daß die Kugeln 59 aus der Erweiterung 73 nicht entweichen können. Vorzugsweise ist die Verstemmung 77 ringförmig ausgebildet. In gleicher Weise wird der Rand der stromabwärtigen Erweiterung 75 durch eine ebenfalls vorzugsweise ringförmig umlaufende, durch das Bezugszeichen 78 angedeutete Verstemmung so verstemmt, daß die Kugeln 70 des stromabwärtigen Gleitlagers 57 aus der stromabwärtigen Erweiterung 75 nicht entweichen können. Da der Anker 19 vorzugsweise aus einem ferromagnetischen oder ferritischen Weichmetall gefertigt ist, das einfach zu bearbeiten ist, sind die Verstemmungen 77 und 78 ohne größeren Fertigungsaufwand ausführbar. Die Kugeln 59 und 70 hingegen können aus einem gehärteten Lagerstahl ausgebildet sein und an ihrer Lauffläche z. B. durch Verchromen zusätzlich beschichtet sein.

In dem in Fig. 1 dargestellten Ruhezustand liegen die Kugeln 59 des stromaufwärtigen Gleitlagers 56 an einem sich in Richtung auf den Anker 19 stetig verjüngenden Übergangsabschnitt 79 der Verdickung 51 bündig an. Vorzugsweise weist der Übergangsabschnitt 79 einen Krümmungsradius  $r$  auf, der die Hälfte des Kugeldurchmessers  $d_k$  der Kugeln 59 des stromaufwärtigen Gleitlagers 56 beträgt d. h. der Radius der Kugeln 59 stimmt mit dem Krümmungsradius  $r$  des Übergangsabschnitts 79 im wesentlichen überein. Dies hat den Vorteil, daß die Kugeln 59 an der Oberfläche des Übergangsabschnitts 79 in der Ruhestellung des Brennstoffeinspritzventils über einen größeren Bereich bündig anliegen und nicht durch etwaige Kanten punktförmig belastet werden.

Der Durchgang 76 kann auch den gleichen Durchmesser wie die Erweiterungen 73 und 75 aufweisen, so daß die Bohrung des Ankers 19 ungestuft ausgebildet ist. Dies hat den Vorteil einer Vereinfachung bei der Herstellung.

In Fig. 3 ist zum besseren Verständnis der Erfindung ein Schnitt entlang der Linie III-III in Fig. 2 dargestellt. Bereits

beschriebene Elemente sind mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen, um die Zuordnung zu erleichtern.

Aus Fig. 3 ist erkennbar, daß sich ein besonderer Vorteil ergibt, wenn der Durchmesser  $d_K$  der Kugeln 59 des stromaufwärtigen Gleitlagers 56 aber auch der Kugeln 70 des stromabwärtigen Gleitlagers 57 mit dem Durchmesser  $d_V$  der im Bereich des Ankers 19 zylinderförmig ausgebildeten Ventilmadel 20 übereinstimmt. Dabei ist gewährleistet, daß die Kugeln 59 bzw. 70 den Ringraum der Erweiterung 73 bzw. 75 vollständig oder zumindest nahezu vollständig ausfüllen. Die Kugeln 59 sind daher in dem Ringraum der Erweiterung 73 gleichmäßig verteilt und weitere Maßnahmen zur Ausrichtung der Kugel 59 sind nicht erforderlich. Ferner ist aus Fig. 3 erkennbar, daß zwischen den Kugeln 59 ausreichende Zwischenräume 80 verbleiben, die den Durchtritt dem Brennstoffs ermöglichen. Durch die Durchströmung des Gleitlagers 56 als auch des Gleitlagers 57 mit dem Brennstoff ergibt sich zudem eine vorteilhafte Schmierung der Gleitlager 56, 57.

Die relativ harten Kugeln 59 bzw. 70 werden in die relativ ungenau gefertigte Bohrung des Ankers 19 eingepreßt. Der Innendurchmesser der Gleitlager 56 bzw. 57 wird ausschließlich durch die Kugeldurchmesser  $d_K$  festgelegt, wenn die Kugeln eng aneinander liegen. Der Innendurchmesser  $d_V$  des aus den sechs Kugeln 59 bzw. 70 gebildeten Gleitlagers 56 bzw. 57 entspricht genau dem Durchmesser  $d_K$  der einzelnen Kugeln 59 bzw. 70. Der Innendurchmesser  $d_V$  der Gleitlager 56 und 57 hängt daher im wesentlichen von der Fertigungstoleranz der Kugeldurchmesser  $d_K$  ab. Da die Fertigungstoleranz der Kugeln  $d_K$  wesentlich enger ist als die Fertigungstoleranz des Durchmessers der Bohrung des Ankers 19, in welche die Kugeln 59 bzw. 70 eingepreßt werden, ergibt sich insgesamt eine hohe Führungsgenauigkeit der erfindungsgemäßen Gleitlager 56 und 57.

Fig. 4 zeigt ein im wesentlichen mit dem in Fig. 1 dargestellten und bereits beschriebenen Ausführungsbeispiel übereinstimmendes, erweitertes Ausführungsbeispiel. Die Erweiterung besteht darin, daß die Ventilmadel 20 in dem Ventilsitzträger 21 angeordnete zusätzliche Kugeln 90 eines weiteren Gleitlagers 91 gelagert ist. Dadurch wird die Ventilmadel 20 mittels des Gleitlagers 91 in dem Ventilsitzträger 21 geführt. Der Anker 19 ist im Vergleich zu dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel mit einem etwas geringeren Durchmesser ausgebildet, so daß dessen Mantelfläche im Gegensatz zu dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel nicht in dem Zwischenstück 4 geführt ist. Die stromaufwärtige Führung des aus der Ventilmadel 20 und dem Anker 19 bestehenden Bauteils erfolgt vielmehr in dem zusätzlichen Gleitlager 91.

Die Durchgangsöffnung 24 weist bei dem in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel stromabwärts des Gleitlagers 91 eine Verjüngung 92 auf. Stromaufwärts der Kugeln 90 des Gleitlagers 91 ist eine z. B. durch Verstemmen nach Einsetzen der Kugeln 90 herstellbare Verjüngung 93 vorgesehen. Die Verjüngungen 92 und 93 bewirken eine axiale Fixierung der Kugeln 90 des Gleitlagers 91 in der Durchgangsöffnung 24.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele begrenzt. Insbesondere kann es ausreichen, den Anker 19 an der Ventilmadel 20 anstatt durch zwei Gleitlager nur durch ein einziges Gleitlager zu lagern. Der Anschlag des Ankers 19 an der Ventilmadel 20 muß nicht notwendigerweise mittels der Kugeln 59 erfolgen. Es kann z. B. auch ein Vorsprung des Ankers 19 an der Verdickung 51 oder einem anderen Abschnitt der Ventilmadel 20 anschlagen, um die Ventilmadel 20 in Hubrichtung 58 formschlüssig mitzuführen. Ferner können die Gleitlager 56 und 57 auch als separater Fertigbauteil ausgebildet sein und an dem Anker 19 z. B.

durch Verschweißungen angebracht sein.

#### Patentansprüche

1. Brennstoffeinspritzventil für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, mit einer Magnetspule (1), einem durch die Magnetspule (1) in eine Hubrichtung (58) gegen eine erste Rückstellfeder (33) beaufschlagbaren Anker (19) und einer mit einem Ventilschließkörper (28) in Verbindung stehenden Ventilmadel (20), wobei der Anker (19) in der Hubrichtung (58) an der Ventilmadel (20) formschlüssig angreift und in der Gegenrichtung unabhängig von der Ventilmadel (20) gegen eine zweite Rückstellfeder (50) frei beweglich ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Anker (19) an der Ventilmadel (20) mittels zumindest eines mehrere Kugeln (59, 70) aufweisenden Gleitlagers (56, 57) gelagert ist.
2. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventilmadel (20) und die Kugeln (59, 70) jedes Gleitlagers (56, 57) in eine Bohrung des Ankers (19) eingesetzt sind.
3. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Anker (19) mittels zweier jeweils an einem Ende des Ankers (19) angeordneter, mehrere Kugeln aufweisender Gleitlager (56, 57) an der Ventilmadel (20) gelagert ist, wobei die Bohrung des Ankers (19) als Stufenbohrung (74) ausgebildet ist und die Kugeln (59, 70) der Gleitlager (56, 57) jeweils in endseitig angeordnete Erweiterungen (73, 75) der Stufenbohrung (74) eingesetzt sind.
4. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Stufenbohrung (74) zwischen den Erweiterungen (73, 75) einen Durchgang (76) ausweist, der durch die Ventilmadel (20) nicht vollständig ausgefüllt ist.
5. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Erweiterungen (73, 75) der Stufenbohrung (74) durch nach dem Einsetzen der Kugeln (59, 70) der Gleitlager (56, 57) ausgeformte Verstemmungen (77, 78) so verschlossen sind, daß die Kugeln (59, 70) der Gleitlager (56, 57) aus den Erweiterungen (73, 75) der Stufenbohrung (74) nicht entweichen können.
6. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstemmungen (77, 78) die Erweiterungen (73, 75) jeweils an einer endseitigen Stirnfläche (72, 55) des Ankers (19) ringförmig umschließen.
7. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser ( $d_K$ ) der Kugeln (59, 70) des bzw. der Gleitlager (56, 57) mit dem Durchmesser ( $d_V$ ) der im Bereich des Ankers (19) zylinderförmig ausgebildeten Ventilmadel (20) im wesentlichen übereinstimmt.
8. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventilmadel (20) an einem dem Ventilschließkörper (28) gegenüberliegenden Ende eine Verdickung (51) aufweist, an welcher der Anker (19) oder ein Gleitlager (56) durch die zweite Rückstellfeder (50) in Anlage gehalten wird.
9. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdickung (51) einen sich stetig verjüngenden Übergangsabschnitt (79) aufweist, an welchem die Kugeln (59) des Gleitlagers bzw. eines der Gleitlager (56) anschlagen und der einen mit dem

Radius ( $d_k/2$ ) der Kugeln (59) dieses Gleitlagers (56) im wesentlichen übereinstimmenden Krümmungsradius ( $r$ ) hat.

10. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventilnadel (20) von einem Ventilsitzträger (21) umgeben ist und in den Ventilsitzträger (21) mehrere Kugeln (90) eines weiteren Gleitlagers (91) zur Lagerung der Ventilnadel (20) in dem Ventilsitzträger (21) eingesetzt sind.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

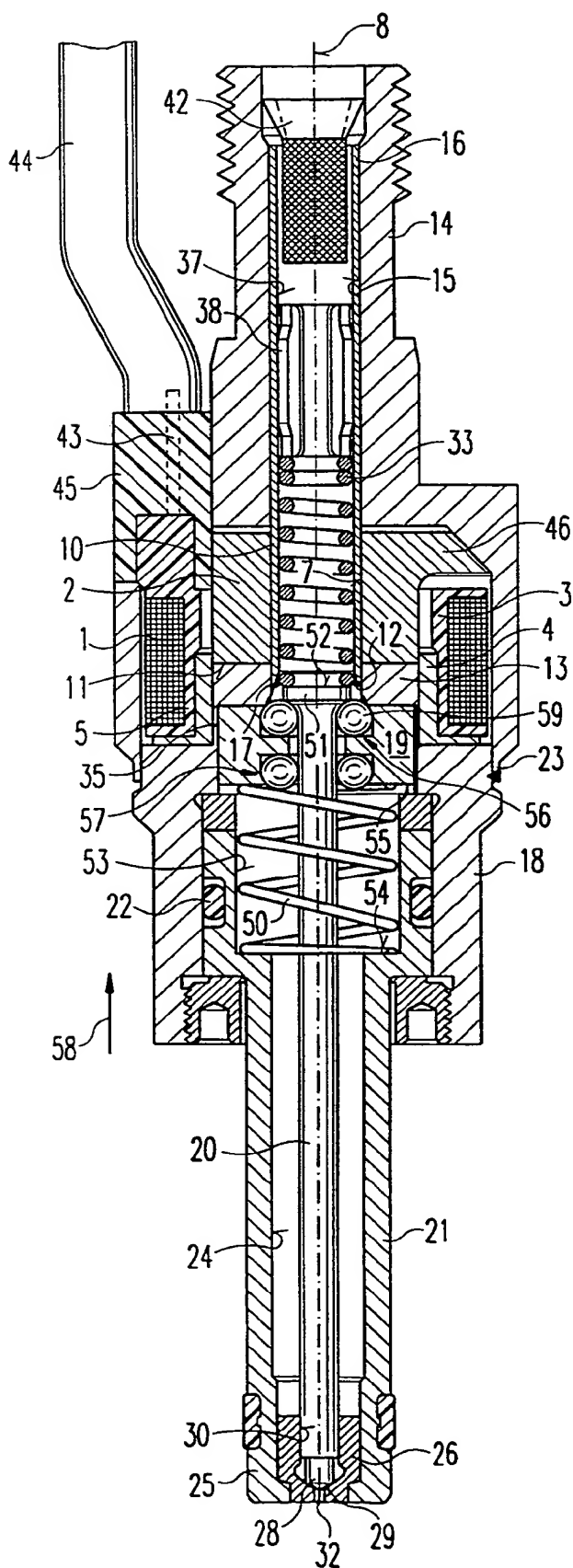
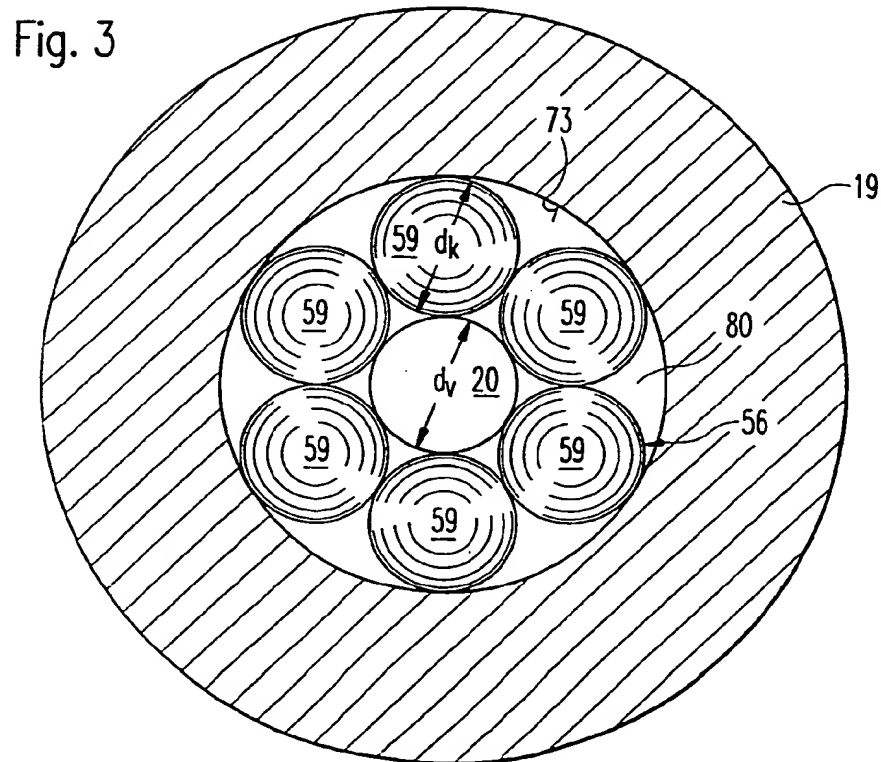
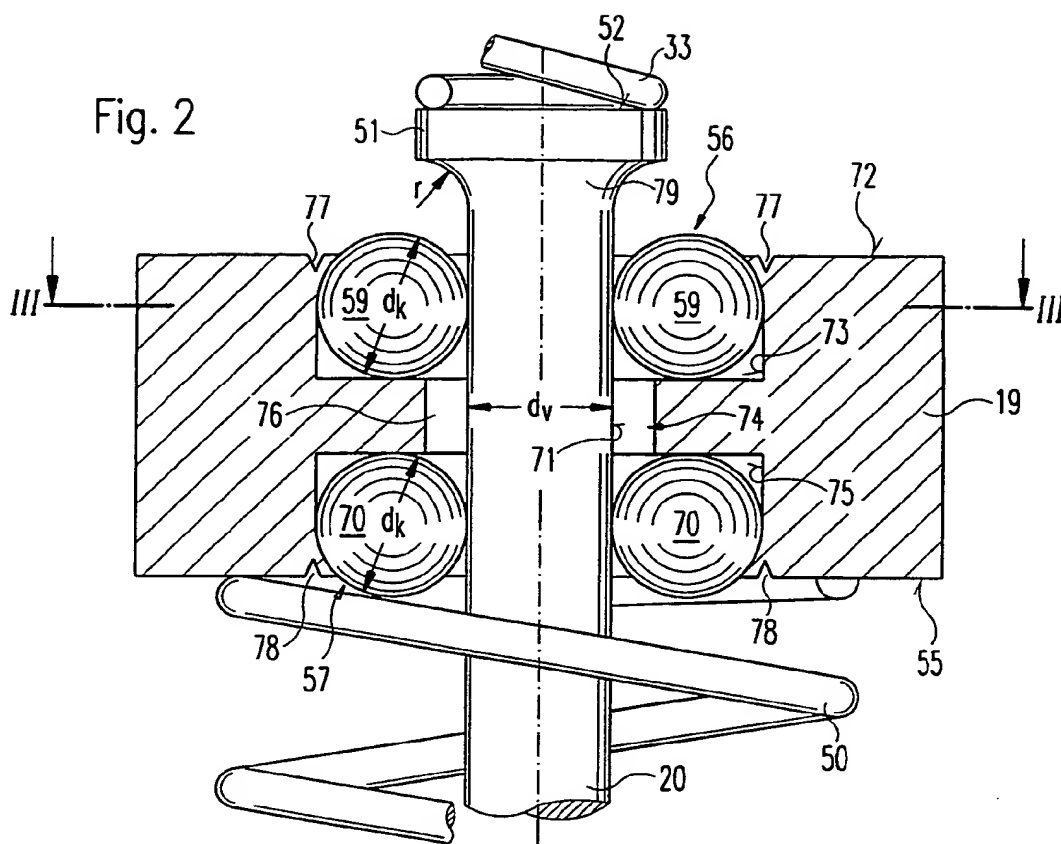


Fig. 1





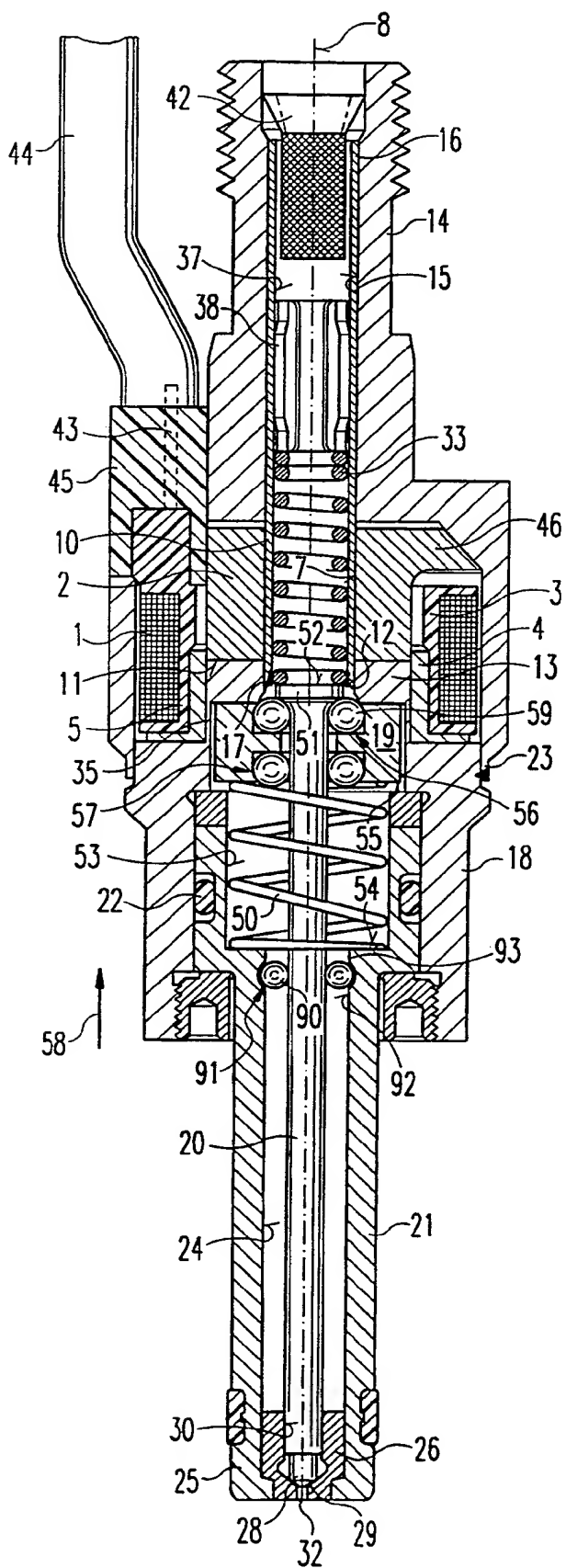


Fig. 4